

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202392943** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2024.05.31

(51) Int. Cl. **B22F 10/28** (2021.01)
B22F 10/31 (2021.01)
B22F 3/105 (2006.01)
B33Y 10/00 (2015.01)

(22) Дата подачи заявки
2023.11.13

**(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ И СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ
ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ МЕТОДОМ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО
СПЛАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ПОРОШКА**

(31) **2022129925**

(32) **2022.11.17**

(33) **RU**

(96) **2023000185 (RU) 2023.11.13**

(71) Заявитель:

**ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ
ОБЩЕСТВО "ОДК-
КУЗНЕЦОВ"; ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ
АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ "САМАРСКИЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
АКАДЕМИКА С.П.
КОРОЛЕВА" (RU)**

(72) Изобретатель:

**Смелов Виталий Геннадьевич,
Хаймович Александр Исаакович,
Агаповичев Антон Васильевич,
Петрухин Анатолий Геннадьевич,
Чупин Павел Владимирович, Щедрин
Евгений Юрьевич (RU)**

(57) Изобретение относится к аддитивным технологиям, а именно способу изготовления функциональных заготовок деталей и сборочных единиц (ДСЕ) камеры сгорания промышленного двигателя. Предложен способ получения заготовок деталей ДСЕ из жаропрочного никелевого сплава ХН58МБЮ-ИД технологией селективного лазерного сплавления (СЛС). Изготовление деталей технологией селективного лазерного сплавления происходит при следующих технологических параметрах: мощность лазерного излучения от 148 до 331 Вт, скорость сканирования от 480 до 660 мм/с, толщина слоя от 50 до 60 мкм и шаг сканирования от 0,11 до 0,14 мм. Процесс изготовления деталей технологией селективного лазерного сплавления происходит внутри герметичной камеры в среде защитного газа. Высокие механические характеристики заготовок ДСЕ достигаются за счет рациональных свойств металлического порошка ХН58МБЮ-ИД и режимных параметров технологического процесса СЛС по критериям достижения требуемых механических свойств, что обеспечивает высокую плотность материала. Металлический порошок фракции (-50) мкм, состоящий не менее чем на 70,0% из частиц размерами от 22 до 50 мкм, округлой формы, не имеет острых кромок и сателлитов, одинаков по цвету и качеству, сухой и свободный от агломератированных масс. Низкий уровень остаточных напряжений достигается за счет прогнозирования деформации заготовки и искажений ДСЕ в генеративных процессах на основе МКЭ цифровой модели процесса ТП СЛС. Технический результат заключается в увеличении механических характеристик заготовок ДСЕ камеры сгорания промышленного двигателя технологией селективного лазерного сплавления.

A1

202392943

202392943

A1

МПК В22F 10/28
В23К 26/144
В23К 26/70
В33У 10/00

Способ получения заготовок деталей и сборочных единиц
индустриальных двигателей методом селективного лазерного сплавления
металлического порошка

Изобретение относится к аддитивным технологиям, а именно к изготовлению заготовок деталей и сборочных единиц (ДСЕ) технологией селективного лазерного сплавления (СЛС) металлического порошка структурно-стабильного жаропрочного сплава, и может использоваться для производства деталей и узлов индустриальных двигателей.

Известен способ изготовления деталей послойным лазерным сплавлением металлических порошков жаропрочных сплавов на основе никеля (патент РФ № 2623537, МПК В23К 26/342, В23К 26/60, В22F 3/105, С23С 4/12, С23С 4/18, В33У 10/00, опубл. 27.06.2017). В качестве металлического порошка в данном способе используется порошок хромсодержащего жаропрочного сплава на основе никеля с содержанием кислорода менее 0,01 мас. % марки ЭП648. Осуществляют нанесение слоя порошка на подложку, формирование первого слоя детали посредством селективного сплавления порошка лазерным лучом, повторное выполнение вышеуказанных операций для формирования последующих слоев детали. Проводят горячее изостатическое прессование в среде аргона и термическую обработку полученной детали. Металлический порошок хромсодержащего жаропрочного сплава на основе никеля предварительно подвергают газодинамической сепарации с последующей дегазацией. Процесс сплавления порошка лазерным лучом проводят в защитной атмосфере азота. Перед горячим изостатическим прессованием деталь помещают в среду электрокорунда и стружки титана или титанового

сплава таким образом, чтобы деталь и указанная стружка не соприкасались.

Недостатком данного способа является высокое содержание хрома в сплаве, что обуславливает низкую фазовую стабильность и недостаточно высокую длительную прочность синтезированного материала. А также необходимость проведения горячего изостатического прессования (ГИП) с последующим старением сплава.

Наиболее близким аналогом является способ получения деталей из жаропрочных никелевых сплавов, включающий технологию СЛС и термическую обработку (патент РФ №2674685, МПК В23К26/144, В23К26/70, В33У30/00, опубл. 13.12.2018). В качестве металлического порошка в данном способе используется порошок марки ВВ751П. Деталь получают путем СЛС с мощностью лазерного излучения от 280 до 320 Вт, скоростью сканирования от 700 до 760 мм/с, толщиной слоя 50 мкм и шагом сканирования 0,12 мм. Процесс изготовления деталей технологией селективного лазерного сплавления происходит внутри герметичной камеры в среде защитного газа. Затем проводят термическую обработку при температуре $1000 \pm 100^\circ\text{C}$ в течение 2 часов. Нагрев детали осуществляют постепенно с выдержкой в течение 2 часов при температурах 200°C , 400°C , 600°C , 800°C . Охлаждение детали проводят совместно с печкой.

Недостатком данного способа при изготовлении заготовок ДСЕ камеры сгорания промышленного двигателя, а именно горелочных устройств, является: повышенная шероховатость, в частности, в топливных каналах основной и дежурной зоны; нестабильность расходных характеристик; локальные зоны неспекания выращиваемых слоёв на корпусе горелочного устройства; сложность извлечения металлического порошка из замкнутых труднодоступных полостей по ходу выращивания.

Аналогом материала ЭП648 для изготовления ДСЕ камер сгорания промышленных двигателей методом СЛС является сплав ХН58МБЮ-ИД. Данный сплав относится к первой группе сплавов, применяемых при аддитивном производстве, с содержанием алюминия до 2,7 % и титана до 3,7 %. Сплав ХН58МБЮ-ИД за счет сбалансированного легирования обладает повышенным комплексом механических свойств и высокой стойкостью против образования трещин, что позволяет использовать его для изготовления горелочных устройств камер сгорания промышленных двигателей аддитивными технологиями.

Технический результат заключается в увеличении механических характеристик заготовок, плотности синтезированного материала, достигаемых за счет применения оптимальных технологических параметров обработки, а также в уменьшении уровня остаточных напряжений в заготовках и, как следствие, высокая точность геометрических размеров и расположения поверхностей, существенное повышение коэффициента использования материала (КИМ) заготовок ДСЕ.

Технический результат достигается за счет того, что согласно способу получения деталей из жаропрочного никелевого сплава, включающему технологию селективного лазерного сплавления металлического порошка, изготовление деталей осуществляют технологией селективного лазерного сплавления из никелевого сплава ХН58МБЮ-ИД при мощности лазерного излучения от 148 до 331 Вт, скорости сканирования от 480 до 660 мм/с, шаге сканирования от 0,11 до 0,14 мм и толщине слоя от 50 до 60 мкм, причем перед изготовлением деталей производят прогноз деформации заготовки и искажений в генеративных процессах на основе метода конечных элементов цифровой модели технологического процесса селективного лазерного сплавления, который включает оптимизацию режимных параметров по критериям достижения требуемых механических свойств, калибровку свойств

металлического порошка ХН58МБЮ-ИД на тестовых образцах для последующего расчёта возникновения поводок от действия остаточных напряжений при сплавлении в САЕ-системе, уточняющую калибровку САЕ-системы на конструктивно подобном детали образце, имитирующем условия выращивания по технологическому процессу натурной заготовки детали, автоматизированный расчёт 3D-функции погрешностей конечно-элементного анализа при выполнении операций коррекции STL-файла заготовки детали в САЕ-системе путём сравнения результатов измерения выращенного образца и номинальной модели, автоматизированную корректировку STL-файла натурной детали по результатам расчёта в «калиброванной» ранее системе с последующим устранением погрешности конечно-элементного анализа дополнительным смещением узлов геометрической модели детали на основе рассчитанной ранее 3D-функции погрешности.

Рациональные свойства металлического порошка ХН58МБЮ-ИД и режимные параметры ТП СЛС, подобранные согласно критериям достижения требуемых механических свойств обеспечивает высокую плотность материала. Металлический порошок фракции (-50) мкм, состоящий не менее чем на 70,0 % из частиц размерами от 22 до 50 мкм, округлой формы, не имеет острых кромок и сателлитов, одинаков по цвету и качеству, сухой и свободный от агломератированных масс.

Указанные технологические режимы позволяют полностью сплавлять металлический порошок ХН58МБЮ-ИД, создавая зону перекрытия между векторами сканирования на уровне 30...45%, что положительно сказывается на механических свойствах материала и его плотности.

Низкий уровень остаточных напряжений достигается за счет прогнозирования деформации заготовки и искажений ДСЕ в генеративных процессах на основе метода конечных элементов (МКЭ) цифровой модели

технологического процесса селективного лазерного сплавления (ТП СЛС) по следующим этапам:

- оптимизация режимных параметров ТП СЛС по критериям достижения требуемых механических свойств;

- калибровка свойств металлического порошка ХН58МБЮ-ИД на тестовых образцах для последующего расчёта возникновения поволоков от действия остаточных напряжений при сплавлении в САЕ-системе;

- уточняющая калибровка САЕ-системы на конструктивно подобном ДСЕ образце, имитирующем условия выращивания по ТП СЛС натурной заготовки ДСЕ, с целью минимизации специально рассчитываемой для этого класса деталей функции погрешности свойств материала (выявление и устранение систематической погрешности определения свойств материала для конкретных условий выращивания);

- автоматизированный расчёт 3D-функции погрешностей конечно-элементного (КЭ) анализа при выполнении операций коррекции STL-файла заготовки ДСЕ в САЕ-системе путём сравнения результатов измерения выращенного образца и номинальной модели (последнее представляет собой выявление систематической погрешности моделирования с целью выполнения операции коррекции в САЕ-системе);

- автоматизированная корректировка STL-файла натурной ДСЕ по результатам расчёта в «калиброванной» ранее системе с последующим устранением погрешности КЭ-анализа дополнительным смещением узлов геометрической модели ДСЕ на основе рассчитанной ранее 3D функции погрешности.

После цифрового моделирования процесса ТП СЛС и коррекции геометрических параметров заготовок ДСЕ были изготовлены полномасштабные цилиндрические образцы для испытаний на одноосное растяжение.

Для осуществления изобретения образцы изготавливались из жаропрочного никелевого сплава ХН58МБЮ-ИД фракцией до 50 мкм.

Процесс изготовления деталей технологией селективного лазерного сплавления происходил внутри герметичной камеры в среде защитного газа при следующих режимах.

I образец: мощность лазерного сплавления – 148 Вт, скорость сканирования – 480 мм/с, шаг сканирования – 0,11 мм и толщина слоя – 50 мкм.

II образец: мощность лазерного сплавления – 218 Вт, скорость сканирования – 540 мм/с, шаг сканирования – 0,12 мм и толщина слоя – 60 мкм.

III образец: мощность лазерного сплавления – 331 Вт, скорость сканирования – 660 мм/с, шаг сканирования – 0,14 мм и толщина слоя – 60 мкм.

Также осуществлялся предварительный нагрев платформы построения до температуры 180°C.

Процесс СЛС заключался в разбиении цифровой трехмерной CAD модели на слои толщиной 50 мкм. Затем при помощи программного обеспечения Magics RP были назначены режимные параметры (мощность лазерного излучения, скорость сканирования и т.д.). Затем все данные были переданы в установку аддитивного производства для начала процесса построения. Из бака, в котором содержался металлический порошок при помощи шнека исходный материал порционно подавался в дозатор (рекоутер). Дозатор, перемещаясь в горизонтальном направлении доставлял металлический порошок на платформу построения и при помощи силиконового ножа разравнивал его. После того как слой порошка был выравнен в работу вступал лазер и при помощи системы зеркал выборочно сплавлял металлический порошок. При воздействии лазерного излучения порошок нагревался, а при приложении необходимой энергии, плавился образуя жидкую ванну. Затем жидкая ванна быстро затвердевала тем самым образуя фрагмент детали. После того как селективное лазерное сканирование текущего слоя было закончено, платформа построения при

помощи поршня опускалась по оси Z на величину слоя, и насыпался новый слой порошка. Процесс являлся циклическим и повторяется до тех пор, пока деталь не была полностью закончена.

Результаты испытаний механических свойств образцов, изготовленных предлагаемым способом, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Механические свойства образцов ДСЕ, изготовленных технологией селективного лазерного сплавления из жаропрочного никелевого сплава ХН58МБЮ-ИД

Направление выращивания	Механические свойства	
	Предел прочности, σ_B	Относительное удлинение, δ
	МПа	%
I образец		
Вертикальное	1020	20,1
Горизонтальное	935	25,2
II образец		
Вертикальное	1060	19,9
Горизонтальное	991	24,3
III образец		
Вертикальное	1450	15,9
Горизонтальное	1300	21,2

Таким образом, предлагаемый способ позволяет изготавливать функциональные заготовки ДСЕ промышленных ГТД с достаточным уровнем механических свойств, высокой плотностью и низким КИМ.

В результате этого применение предлагаемого способа изготовления ДСЕ камер сгорания промышленных двигателей позволит повысить КИМ, снизить затраты на изготовление технологической оснастки, сократить время изготовления подобных деталей в несколько раз.

Формула изобретения

Способ получения деталей из жаропрочного никелевого сплава, включающий технологию селективного лазерного сплавления металлического порошка, отличающийся тем, что изготовление деталей осуществляют технологией селективного лазерного сплавления из никелевого сплава ХН58МБЮ-ИД при мощности лазерного излучения от 148 до 331 Вт, скорости сканирования от 480 до 660 мм/с, шаге сканирования от 0,11 до 0,14 мм и толщине слоя от 50 до 60 мкм, причем перед изготовлением деталей производят прогноз деформации заготовки и искажений в генеративных процессах на основе метода конечных элементов цифровой модели технологического процесса селективного лазерного сплавления, который включает оптимизацию режимных параметров по критериям достижения требуемых механических свойств, калибровку свойств металлического порошка ХН58МБЮ-ИД на тестовых образцах для последующего расчёта возникновения поволоков от действия остаточных напряжений при сплавлении в САЕ-системе, уточняющую калибровку САЕ-системы на конструктивно подобном детали образце, имитирующем условия выращивания по технологическому процессу натурной заготовки детали, автоматизированный расчёт 3D-функции погрешностей конечно-элементного анализа при выполнении операций коррекции STL-файла заготовки детали в САЕ-системе путём сравнения результатов измерения выращенного образца и номинальной модели, автоматизированную корректировку STL-файла натурной детали по результатам расчёта в «калиброванной» ранее системе с последующим устранением погрешности конечно-элементного анализа дополнительным смещением узлов геометрической модели детали на основе рассчитанной ранее 3D-функции погрешности.

ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ ПОИСКЕ

(статья 15(3) ЕАПК и правило 42 Патентной инструкции к ЕАПК)

Номер евразийской заявки:

202392943**А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:**

МПК:

B22F 10/28 (2021.01)
B22F 10/31 (2021.01)
B22F 3/105 (2006.01)
B33Y 10/00 (2015.01)

СПК:

B22F 10/28
B22F 10/31
B22F 3/105
B33Y 10/00

Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:

B22F 10/28, B22F 10/31, B22F 3/105, B33Y 10/00

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если возможно, используемые поисковые термины)
 ЕАРАТIS, Espacenet, Google Patents, Платформа Роспатент

В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ

Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
D, A	RU 2674685 C1 (ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЁВА") 2018-12-13	1
A	RU 2623537 C2 (ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ "ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ АВИАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ" (ФГУП "ВИАМ") 2017-06-27	1
A	RU 2713255 C1 (ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЁВА") 2020-02-04	1
A	RU 2772811 C1 (РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ, ОТ ИМЕНИ КОТОРОЙ ВЫСТУПАЕТ ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ "РОСАТОМ") 2022-05-25	1
A	US 2017021415 A1 (ANSALDO ENERGIA IP UK LIMITED) 2017-01-26	1
A	US 11767579 B2 (VDM METALS INTERNATIONAL GMBH) 2023-09-26	1

 последующие документы указаны в продолжении графы

* Особые категории ссылочных документов:

«А» - документ, определяющий общий уровень техники

«D» - документ, приведенный в евразийской заявке

«E» - более ранний документ, но опубликованный на дату подачи евразийской заявки или после нее

«O» - документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.

"P" - документ, опубликованный до даты подачи евразийской заявки, но после даты испрашиваемого приоритета"

«Т» - более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения

«X» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну или изобретательский уровень, взятый в отдельности

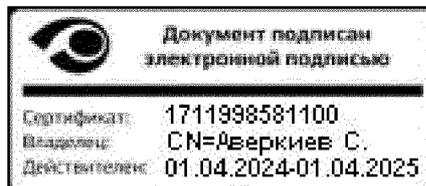
«Y» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий изобретательский уровень в сочетании с другими документами той же категории

«&» - документ, являющийся патентом-аналогом

«L» - документ, приведенный в других целях

Дата проведения патентного поиска: 27 апреля 2024 (27.04.2024)

Уполномоченное лицо:
 Начальник Управления экспертизы



С.Е. Аверкиев